

012443315 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1999-249423/\*199921\*

XRPX Acc No: N99-186035

High transparent aperture array used in solid state electronic device, such as scanning microscope - arranges several apertures of predetermined interval in thin metal film depending on wavelength of incident light

Patent Assignee: NEC CORP (NIDE ); NEC RES INST INC (NIDE )

Inventor: EBBESEN T W; GHAEAMI H F; THIO T; WOLFF P A

Number of Countries: 002 Number of Patents: 004

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 11072607	A	19990316	JP 98177513	A	19980624	199921 B
US 5973316	A	19991026	US 9751904	A	19970708	199952
			US 97979432	A	19971126	
JP 3008931	B2	20000214	JP 98177513	A	19980624	200013
US 6052238	A	20000418	US 9751904	A	19970708	200026
			US 97979432	A	19971126	
			US 99283496	A	19990401	

Priority Applications (No Type Date): US 97979432 A 19971126; US 9751904 A 19970708; US 99283496 A 19990401

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 11072607	A	9	G02B-005/20	
JP 3008931	B2	9	G02B-005/20	Previous Publ. patent JP 11072607
US 6052238	A		G02B-009/00	Provisional application US 9751904
				Div ex application US 97979432
				Div ex patent US 5973316
US 5973316	A		H01J-003/14	Provisional application US 9751904

Abstract (Basic): JP 11072607 A

NOVELTY - Apertures (12) in the form of array are formed on a thin metal film (10). The apertures are formed at predetermined interval depending on the wavelength of the incident light so that the transparency of incident light of predetermined wavelength pass to the surface of the metal film to array by surface plasmon energy band is increased.

USE - In solid state electronic devices, such as scanning microscopes, polarising systems and special optical filters, such as polarising filters.

ADVANTAGE - Improves light transparent efficiency.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows perspective view of aperture array. (10) Metal film; (12) Apertures.

Dwg.1/14

Title Terms: HIGH; TRANSPARENT; APERTURE; ARRAY; SOLID; STATE; ELECTRONIC; DEVICE; SCAN; MICROSCOPE; ARRANGE; APERTURE; PREDETERMINED; INTERVAL; THIN; METAL; FILM; DEPEND; WAVELENGTH; INCIDENT; LIGHT

Derwent Class: P81; S02; S03; V07

International Patent Class (Main): G02B-005/20; G02B-009/00; H01J-003/14

International Patent Class (Additional): G01J-001/04; G02B-006/00; G02B-021/00

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): S02-J04B; S03-E06B1; V07-F02B

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-72607

(43)公開日 平成11年(1999)3月16日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 5/20  
21/00

識別記号

F I

G 0 2 B 5/20  
21/00

&lt;/div

波数とわずかに異なる周波数の光は検出器を通過して、検出される可能性がある。従って、全く逆の形で動作する材料または装置を持つことが極めて有用であると考えられる。すなわちそれは、広いスペクトル中の狭い範囲の周波数の光のみを選択的に透過させるものである。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、光ビームの発散が問題である分野、あるいは開口アレイによる光透過の増加が望ましい分野などの多くの分野で、あるいはフォトリソグラフィーまたは光フィルタの分野に適用される。

【0004】例えば、オプトエレクトロニクスは、計算速度向上のための光学的チップ間通信に関係するものである。通常、いずれのチップも同一の基板上に配置され、一つのチップから他のチップ上の検出器に放射する光学レーザを集積するための努力がなされている。ここで遭遇する問題の一つは、放射光が発散するのではなく、十分に長い距離で平行を維持することで、その光が所望の検出器に到達するようにするか、あるいはその光を、各ファイバーが所定のチップもしくは到達点につながっている光ファイバー束に確実に入射させることができるようにすることである。構造およびビームサイズが光の波長に近くなるにつれて、光の発散および透過がさらに大きい問題となっていく。

【0005】また、従来の顕微鏡および遠視野で動作する光学撮像記憶装置は、使用する光の約1/2の波長より実質的に小さい形を解像することができない。この解像問題を解決するために、探測光の波長よりかなり小さい開口を試料附近に配置し、その表面の上で走査する近視野走査光学顕微鏡（NSOM: near-field scanning optical microscope）が開発された。試料を通過したわずかな光を開口を通して集光し、光検出器に中継する。あるいは、光が開口を通り、試料を通り、次に光検出器によって捕捉される。次に、光検出器での信号と試料上方の顕微鏡の位置とを組み合わせることで、試料の像が再構築される。しかしながら、光の波長より小さい開口を用いた場合の問題は、その透過率が急速に低下し、開口の半径を波長で割った値の4乗、すなわち $(d/\lambda)^4$ に比例する。結果的に、ファイバー先端のように良好な開口を作製することに、多くの努力が払われてきた。しかしながら、それら開口の透過効率は、いまだに最適効率より数桁低いものである。

【0006】別のケースでは、チップ製造業界では重要なフォトリソグラフィーの分解能も、入射光の約1/2の波長までの分解能に制限されている。近視野走査顕微鏡などの技術を用いて、より小さいパターンをフォトレジストに形成することができるが、このような技術では一般的に、フォトレジストパターンを各チップに書かなければならぬことから極めて遅いものになる。従来のフォトリソグラフィーの場合とは異なり、パターンは、

業界の標準的方法であるマスクを用いて投影することはできない。さらに、上述したように、テーパ状光ファイバーなどのような波長より小さい開口を通っての光透過効率は非常に小さい。フォトレジストには最少量の光を衝突させてその特性を変えなければならないことから、工程はさらに遅くなる。

【0007】別の利用分野では、遠赤外線スペクトル（例えば、波長が10~800μm）の光のフィルタリングに、ワイヤーメッシュまたは金属格子から作られたフィルターが広く用いられてきた。そのフィルターは、光学的に清浄な支持体の上に堆積された薄い（透過する波長よりかなり薄い）金属ワイヤーを有する。フィルターは、メッシュの周期の約1.2倍にピークを有する透過スペクトルを特徴とする。そのピークは非常に広く、メッシュの周期の1/2より大きいのが普通である。メッシュフィルターについては広範囲に研究が行われており、その性質は、送電線回路と同様に説明される。そのフィルターは、透過スペクトルを狭くすることでより選択的なものとすることができるれば、はるかに有用なものとなると考えられる。

【0008】そこで本発明の主たる目的は、各開口が光の波長の1/2よりかなり小さい開口アレイを通して光を非常に効率良く透過させ、開口アレイの構造および配置によって制御可能な一定波長の光のみで光透過させることで、上記の問題および限界を克服することにある。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、各開口が直径dで開口間の周期Pを持つ、金属薄膜または薄い金属ブレードに設けられた波長以下の開口アレイを提供する。そのような装置の光透過性質は、光の波長に大きく依存する。周期Pに関連して光の波長の透過が向上する。その向上した透過は、単一開口のユニット透過よりも大きく、開口アレイが形成されている金属薄膜が能動的に関与しているためであると考えられる。

【0010】これまでのように開口を単に幾何的開口として見ると、透過効率（透過強度を開口に直接衝突する光の強度で割ったものと定義される）は1%未満となるであろう。しかしながら本発明においては、以下に説明するように、透過効率は大幅に向上し、得られる装置は、間隔すなわち周期Pを調節することで所望の波長の光の透過性質を適合させる能力が加わった近視野プローブと見ることができる。この結果の実際の効果として、本発明は、波長選択的光学フィルタリング（特に可視光および近赤外光で）、光ビーム集光、近視野走査光学顕微鏡およびフォトリソグラフィーなどの分野に利用される。

【0011】従って本発明の主要な目的は、通過する光の透過を高める開口アレイを備える新規な装置を提供することにある。

【0012】本発明の別の目的は、通過する光の透過を

る。その高透過率スペクトルは、開口アレイへの入射光の角度によって決まる。図4に、0~20度の角度の間で入射角度を2度ずつ変えた場合に測定されたスペクトルを示す。ピークは強度が変化し、互いに反対の方向に移動する新たなピークに分離する。

【0020】この角度依存効果により、図5に示したような新規な波長選択フィルターが得られる。支持体50の角度θを調節して開口アレイ52の角度を調節することにより、角度の関数として光がピークを持つ波長が図4に示したようになる。この性質を利用してすることで、所定の入射角度について調整された、金属薄膜形態の開口アレイを有するフィルターを形成することができる。そのフィルターは、紫外光、可視光およびそれより長い波長について使用することができる。その配置の利点は、ゼロ次の光のみが透過し、角度θによって測定される入射角度に相当する波長の光のみが透過するという点である。

【0021】この開口アレイは、従来のメッシュアレイと比較して、フィルターとしての波長選択性が高い。さらに、ギャップ内のエネルギーの場合は除いて全ての波長で材料が受動的かつ半透過性である光子バンド帯アレイとは異なり、本発明は、結合が生じる波長を除く全ての波長で不透過性である材料を提供する。

【0022】本発明の別の応用は、図6に示した光ビーム集光器としてのものである。光60が、基板63上に堆積した金属薄膜62に設けられた円柱状の開口61に入射される。開口61のアレイを通過した後、集束光は開口61に並行に配置されたファイバー束またはファイバーアレイの光ファイバー65に進む。開口アレイを通過して光ファイバー65に進入する光の強度は、本発明によって高くなる。開口61のアスペクト比は重要ではないが、開口間のピッチPは、図6に示したような高集光の波長を決定するには重要である。従来、光を波長以下のファイバー内に導くことは困難であり、光を導くのには複雑なレンズおよびアライメント装置が用いられていた。本発明においては、開口が開口表面積よりも多くの光を透過するので、金属開口アレイが集光器のような働きを行う。従って、波長以下のファイバーへの光の結合が効率良く行われる。

【0023】開口アレイの別の応用は、近視野走査光学顕微鏡におけるものである。図7(a)に、近視野走査光学顕微鏡で使用される一般的な配置を示す。図中、光源70が光を出し、その光が支持体によって支持された試料71を透過して、集光器として作用する走査チップ72中にに入る。本発明によれば、走査チップ72の前面73には、統いて行われる周知のN S O M信号処理のためにプローブが受光する光の強度を高めるために、2個以上の波長以下の開口74(図7(b))が、前面73上の金属薄膜コーティングに設けられている。この配置は、コーティングがAgであり、He-Cdレーザが

光源70である場合に最も有効である。図8では、プローブが光源として働き、前面77にある開口76を通してプローブ先端75から発射された光は、試料71を透過して、光検出器78に達して、周知の信号処理を受ける。図8において、プローブ先端75の前面77に2個以上の開口76を設けることで、プローブ先端75から試料71を透過して、次に光検出器78で集光される光が増加する。

【0024】図9に示した本発明の別の応用では、開口アレイの高透過効率を利用して、金属マスクに非常に小さい開口を配列することで、波長以下のフォトリソグラフィーを行うための新規なマスクを得ることができる。開口の直径よりかなり大きい波長λを有する光80を基板82上に堆積した金属プレートまたは金属薄膜に設けられた開口81を通して投射することで、λ/2よりかなり小さい形状を有するリソグラフィー構造を得ることができる。

【0025】図9(a)に示したような感光性材料をコーティングした基板83上に、例としてHという文字の形で示してある2方向の波長以下の線幅の像を得るには、光の波長によって決まる距離だけ開口81を離して、基板83上にコーティングした感光性材料にx方向およびy方向の「像形成」を行う。x方向に線を描くには、x方向の偏光を開口アレイを通して透過させる。x方向に偏光された光はy方向の線を通過しない。マスクと基板は、アクチュエータ84を使用して、x方向に開口間の周期的なわちピッチの1/2の相対的直動運動を行うようにする。薄膜のみが開口を持っていることから、開口81が基板83に対して直線行路方向に移動する場合にのみ線を描くことができる。次いでその手順を、y方向の偏光とアクチュエータ85を用いてy方向の線について繰り返す。図9(b)には、フォトレジストコーティングに書かれたHの文字を有する基板83を示してある。

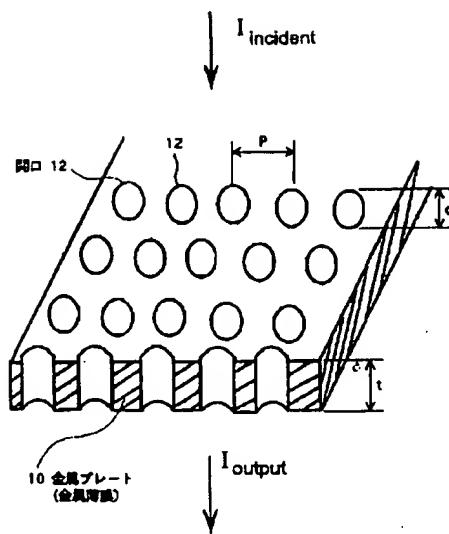
【0026】別のフォトリソグラフィー装置では、金属薄膜マスクに設けた開口81に代えて、平行スリットを設けている。図10は、0.6 μmピッチで配置された幅0.15 μm、長さ40 μmの平行スリットを有するアルミニウム薄膜についての、波長の関数としての透過効率( $I_{output}/I_{incident}$ )のグラフである。入射光は、スリットの長軸を横切る平面で90度偏光されている。スリットを有するマスクと光を、開口マスクの場合と同様に用いる。当然のことながら、十分な長さのスリットを用いることで、マスクを基板に対して移動させる必要性を回避することができる。

【0027】さらに別の装置では、フレネル帯レンズのパターンで金属薄膜に開口を配置することで、レンズの焦点に光を集め。開口を有するマスクは、図9(a)の開口マスクに関連して説明した動きに従う。薄膜における開口パターンは矩形アレイに類似しているが、開口

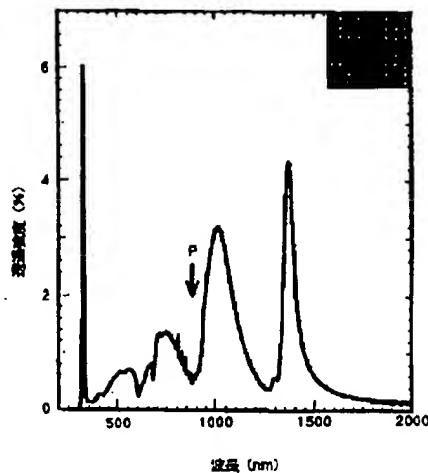
75 プローブ先端  
78 光検出器  
80 光

84, 85 アクチュエータ  
110 群

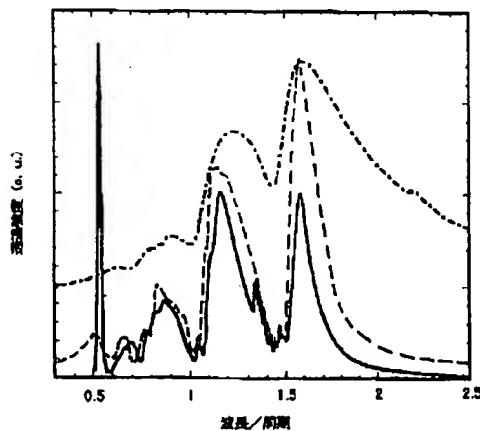
【図1】



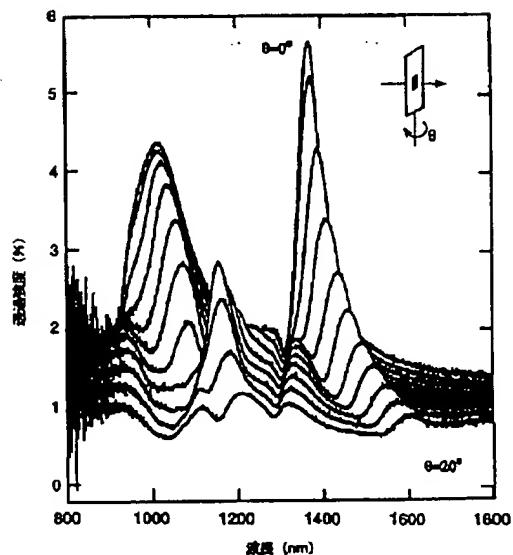
【図2】



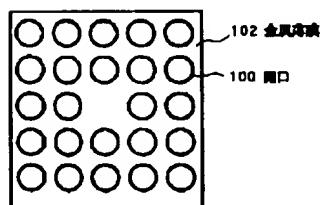
【図3】



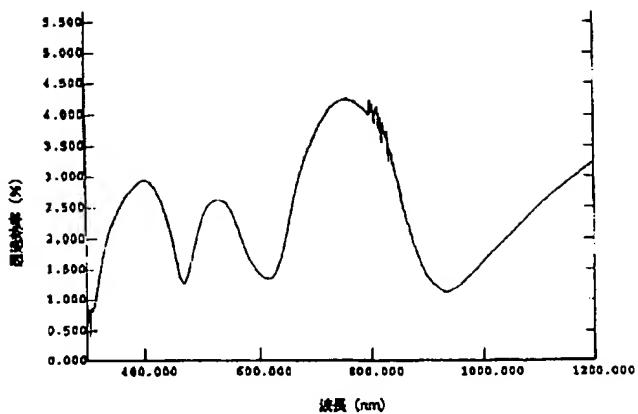
【図4】



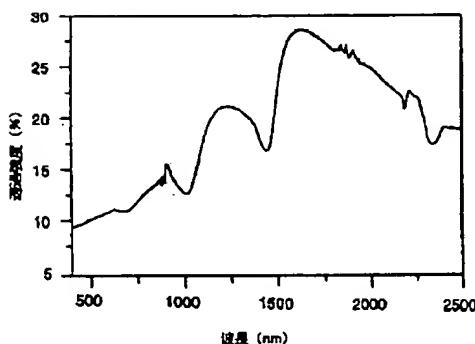
【図11】



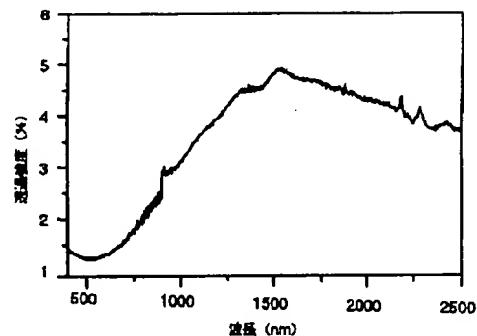
【図10】



【図12】



【図14】



## フロントページの続き

(72)発明者 ハディ ガエミ  
アメリカ合衆国、ニュージャージー  
08540、プリンストン、インディペンデン  
ス ウェイ 4 エヌ・イー・シー・リサ  
ーチ・インスティテューテュ・インク内

(72)発明者 テニカ ティオ  
アメリカ合衆国、ニュージャージー  
08540、プリンストン、インディペンデン  
ス ウェイ 4 エヌ・イー・シー・リサ  
ーチ・インスティテューテュ・インク内

(72)発明者 ピーター ウルフ  
アメリカ合衆国、ニュージャージー  
08540、プリンストン、インディペンデン  
ス ウェイ 4 エヌ・イー・シー・リサ  
ーチ・インスティテューテュ・インク内